



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104897778 A

(43) 申请公布日 2015. 09. 09

(21) 申请号 201510211811. 0

(22) 申请日 2015. 04. 29

(71) 申请人 安阳工学院

地址 455000 河南省安阳市开发区黄河大道西段

(72) 发明人 石志强 张玲 高丽丽 张爱玲 刘清霞 李珂 侯晓兵 尹涛 王立波 赵赟 赵韩菲 来佳雯

(74) 专利代理机构 四川君士达律师事务所 51216

代理人 苟忠义

(51) Int. Cl.

G01N 29/07(2006. 01)

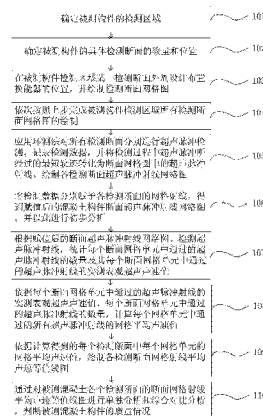
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

混凝土内部缺陷检测的断面网格射线平均声速法

(57) 摘要

本发明公开了一种通过绘制断面网格射线平均声速等值线图检测混凝土内部缺陷的方法。通过计算超声射线穿过混凝土所有断面网格单元的表现平均声速值，绘制出断面网格射线平均声速等值线图，再从断面网格射线平均声速等值线图判断分析混凝土构件断面质量情况。经试验证明本发明所提供的检测分析方法可以有效的分析混凝土结构断面缺陷及混凝土质量分布状况。本发明的混凝土内部缺陷检测的断面网格射线平均声速法，检测操作方便快捷，数据分析计算方法简洁。以检测断面网格射线平均声速等值线图的形式输出，输出数据及其图像的物理意义明确。断面网格平均声速值反映了该混凝土单元的强度、密度、弹性模量等性质，表现了被测构件断面的混凝土质量状况。



1. 一种混凝土内部缺陷的检测方法,其特征在于,包括以下步骤:

在待测混凝土断面的外周布置换能器,绘制检测断面网格图;

对所述待测混凝土断面进行环测法超声检测,得到检测数据,并将检测过程中超声脉冲所经过的最短轨迹转化为断面网格图中的超声脉冲射线,绘制检测断面超声脉冲射线网络图;

根据所述检测数据计算每条超声脉冲射线的实测表观超声声速值,并将每条超声脉冲射线的实测表观超声声速值赋予所述超声脉冲射线,得到赋值后的断面超声脉冲射线网络图;

根据所述赋值后的断面超声脉冲射线网络图、所述超声脉冲射线,统计每个断面网格单元中通过的超声脉冲射线的数量及每个断面网格单元中通过的超声脉冲射线的实测表观超声声速值;

根据所述每个断面网格单元中通过的超声脉冲射线的实测表观超声声速值、所述每个断面网格单元中通过的超声脉冲射线的数量,计算每个网格单元中通过的所有超声脉冲射线的网格平均声速值,即“网格射线平均声速”;

根据所述计算得到的每个网格单元的网格射线平均声速值,绘制检测断面网格射线平均声速等值线图;

根据所述检测断面网格射线平均声速等值线图对混凝土构件断面质量情况进行分析。

2. 如权利要求 1 所述的检测方法,其特征在于,所述计算每个网格单元中通过的所有超声脉冲射线的网格平均声速值的步骤为:

(1) 设断面网格数为  $n$ ;断面射线网络图中的第  $i$  条射线穿过  $m$  个断面网格单元;该射线穿过第  $j$  个断面网格单元的距离为  $L_{ij}$ ;假定每个网格单元的混凝土质量分布均一,令第  $j$  个断面网格单元的超声声速值为  $v_{ij}$ ;第  $i$  条超声脉冲射线的射线走时可测,设为  $T_i$ ,则第  $i$  条超声脉冲射线的射线走时  $T_i$  可用下式表达

$$T_i = \sum_{j=1}^m \frac{L_{ij}}{v_{ij}}$$

(2) 设第  $j$  个断面网格单元中有  $k$  条射线穿过,每条超声脉冲射线在该断面网格单元中的实测表观声速是不同的,因为第  $i$  条射线的表观声速平均了该超声脉冲射线经过的  $m$  个断面网格的全部信息。因此,可以近似的认为第  $j$  个断面网格单元的超声声速值  $v_j$  与通过该网格的所有超声脉冲射线的实测表观声速直接相关,可以近似的认为  $v_j$  可以由式

$$v_j = \frac{1}{k} \sum_{i \in k} \frac{L_{ij}}{T_i}$$

求得。

3. 如权利要求 1 或 2 任一项所述的检测方法,其特征在于,所述每条超声脉冲射线的实测表观超声声速值的计算方法为:设  $t_i$  为检测所得第  $i$  条超声脉冲射线通过混凝土断面的声时, $L_i$  为第  $i$  条超声脉冲射线通过混凝土断面的距离,第  $i$  条超声脉冲射线的实测表观超声声速值为  $v_i$

$$v_i = \frac{L_i}{t_i} (i=1,2,\dots,n)$$

n 为环测法断面射线条数。

## 混凝土内部缺陷检测的断面网格射线平均声速法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及混凝土内部缺陷的检测方法,特别是一种通过绘制断面网格射线平均声速等值线图检测混凝土内部缺陷的方法。

### 背景技术

[0002] 随着国民经济的快速发展,以混凝土为主要建筑材料的民用基础设施快速增加,随着服役时间的增长及环境等自然因素的长期作用,这些基础设施结构的安全性和使用功能必然退化,为了保障人民生命安全及减少经济损失,对其进行结构健康检测是非常必要的。随着国民经济的快速发展,以混凝土为主要建筑材料的民用基础设施快速增加,随着服役时间的增长及环境等自然因素的长期作用,这些基础设施结构的安全性和使用功能必然退化,为了保障人民生命安全及减少经济损失,对其进行结构健康检测是非常必要的。

[0003] 常用的检测方法能够进行混凝土结构内部缺陷检测,但具体实施起来有一定的局限性,这些检测方法不能够获取缺陷的更多特征,也无法获取混凝土断面质量状态。

[0004] 超声波是在弹性介质中传播的机械波,频率高于 20kHz,具有指向性好、传播能量大、穿透力强等特点,被广泛应用在无损检测领域。超声波在介质中传播普通声波的规律基本一样,都具有波的特性,如波折射、反射、衍射等。但超声波与普通声波相比具有波长短,小到甚至千分之几毫米。通常的超声波的波长比障碍物的尺寸要小很多倍,它的衍射本领比普通声波差很多,因此,超声波在均匀介质中能够定向直线传播,波长越短,该特性就越显著。

[0005] 超声波在均匀连续弹性介质中传播时,将产生极少能量损失,但当材料中存在着晶界、缺陷等不连续阻隔时,将产生反射、折射、散射、绕射和衰减等现象,从而损失比较多的能量,使换能器上接收的超声波信号的声速、声时、振幅、波形或频率发生了相应的变化,测定这些变化就可以判定物体某些方面的性质和结构内部构造的情况,从而达到检测的目的。工业和建筑工程中常用兆赫兹的超声波来探伤。通常用超声波换能器与待测物体表面良好的耦合,发射换能器则可有效地向物体发射超声波,接收换能器能接收因缺陷而造成的超声波声学参数的变化,同时转换成电信号,再传输给仪器进行处理。根据超声波在介质中传播的声速和声时的变化来查知缺陷的位置、大小等信息。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的之一在于提供一种能够有效分析混凝土结构断面缺陷及混凝土质量分布状况的检测方法。

[0007] 本发明提供一种混凝土内部缺陷的检测方法,包括以下步骤:

[0008] 在待测混凝土断面的外周布置换能器,绘制检测断面网格图;

[0009] 对所述待测混凝土断面进行环测法超声检测,得到检测数据,并将检测过程中超声脉冲所经过的最短轨迹转化为断面网格图中的超声脉冲射线,绘制检测断面超声脉冲射线网络图;

[0010] 根据所述检测数据计算每条超声脉冲射线的实测表观超声声速值,并将每条超声脉冲射线的实测表观超声声速值赋予所述超声脉冲射线,得到赋值后的断面超声脉冲射线网络图;

[0011] 根据所述赋值后的断面超声脉冲射线网络图、所述超声脉冲射线,统计每个断面网格单元中通过的超声脉冲射线的数量及每个断面网格单元中通过的超声脉冲射线的实测表观超声声速值;

[0012] 根据所述每个断面网格单元中通过的超声脉冲射线的实测表观超声声速值、所述每个断面网格单元中通过的超声脉冲射线的数量,计算每个网格单元中通过的所有超声脉冲射线的网格平均声速值,即“网格射线平均声速”;

[0013] 根据所述计算得到的每个网格单元的网格射线平均声速值,绘制检测断面网格射线平均声速等值线图;

[0014] 根据所述检测断面网格射线平均声速等值线图对混凝土构件断面质量情况进行分析。

[0015] 进一步的,所述每条超声脉冲射线的实测表观超声声速值的计算方法为:

[0016] 设  $t_i$  为检测所得第  $i$  条射线通过混凝土断面的声时,  $L_i$  为第  $i$  条射线通过混凝土断面的距离,第  $i$  条射线的平均超声声速值为  $v_i$ ,

$$[0017] \quad v_i = \frac{L_i}{t_i} (i=1,2,\dots,n)$$

[0018] 式中  $n$  为环测法断面射线条数。

[0019] 进一步的,所述计算每个网格单元中通过的所有超声脉冲射线的网格平均声速值的步骤为:

[0020] (1) 设断面网格数为  $n$ ;断面射线网络图中的第  $i$  条射线穿过  $m$  个断面网格单元;射线穿过第  $j$  个断面网格单元的距离为  $L_{ij}$ ;假定每个网格单元的混凝土质量分布均一,令第  $j$  个断面网格单元的超声声速值为  $v_{ij}$ ;第  $i$  条超声脉冲射线的射线走时可测,设为  $T_i$ 。则第  $i$  条超声脉冲射线的射线走时  $T_i$  可用下式表达:

$$[0021] \quad T_i = \sum_{j=1}^m \frac{L_{ij}}{v_{ij}}$$

[0022] (2) 设第  $j$  个断面网格单元中有  $k$  条射线穿过,每条超声脉冲射线在该断面网格单元中的实测表观声速是不同的,因为第  $i$  条射线的表观声速平均了该超声脉冲射线经过的  $m$  个断面网格的全部信息。因此,可以近似的认为第  $j$  个断面网格单元的超声声速值  $v_j$  与通过该网格的所有超声脉冲射线的实测表观声速直接相关,可以近似的认为  $v_j$  可以由下式求得:

$$[0023] \quad v_j = \frac{1}{k} \sum_{i \in k} \frac{L_{ij}}{T_i}$$

[0024] 本发明的有益效果在于:本发明的混凝土内部缺陷检测的断面网格射线平均声速法,检测操作方便快捷,数据分析计算方法简捷。以检测断面网格射线平均声速等值线图的形式输出,输出数据及其图像的物理意义明确。断面网格平均声速值反映了该混凝土单元

的强度、密度、弹性模量等性质,表现了被测构件断面的混凝土质量状况。该方法最终以图像的形式清晰明了的展现了被测混凝土检测断面内部的质量分布状况,是一种简捷的超声成像实用方法,便于技术人员对混凝土内部质量进行定性和定量的分析。

### 附图说明

- [0025] 图 1 为本发明混凝土内部缺陷检测的断面网格射线平均声速法详细方法流程图；  
[0026] 图 2 为环测法换能器布置与检测断面网格图；  
[0027] 图 3 为检测断面超声脉冲射线网络图；  
[0028] 图 4 为检测断面超声脉冲射线网络图的射线阴影示意图；  
[0029] 图 5 为赋值后的检测断面超声脉冲射线网络图；  
[0030] 图 6 为未布置缺陷构件断面网络射线平均声速等值线图；  
[0031] 图 7 为 QX-1 断面网格射线平均声速等值线图；  
[0032] 图 8 为 QX-2 断面网格射线平均声速等值线图；  
[0033] 图 9 为 QX-3 断面网格射线平均声速等值线图。

### 具体实施方式

[0034] 下文将结合具体附图详细描述本发明具体实施例。应当注意的是,下述实施例中描述的技术特征或者技术特征的组合不应当被认为是孤立的,它们可以被相互组合从而达到更好的技术效果。

[0035] 图 1 为本发明混凝土内部缺陷检测的断面网格射线平均声速法详细方法流程图。如图 1 所示,一种应用断面网格射线平均声速检测混凝土内部缺陷的方法,包括以下步骤:

[0036] 101,确定被测构件的检测区域。

[0037] 102,确定被测构件的具体检测断面的数量和位置。

[0038] 103,在被测构件检测区域某一个检测断面外周设计布置换能器的位置,并绘制检测断面网格图。待测混凝土断面外周换能器布置情况及绘制得到的检测断面网格图如图 2 所示。在应用超声脉冲进行混凝土结构断面检测时,定义发射换能器到接收换能器之间的连线为检测射线。认为超声脉冲自发射换能器发出后,一旦固定接收换能器,接收换能器接收到的首波一定是沿直线最短路径到达的,可以认为:两换能器之间的直线连线即是超声脉冲的传播路径,即超声脉冲射线。

[0039] 104,依次按照上步完成被测构件检测区域所有检测断面网格图的绘制。

[0040] 105,应用环测法对所有检测断面分别进行超声脉冲检测,记录检测数据,并将检测过程中超声脉冲所经过的最短轨迹转化为断面网格图中的超声脉冲射线,绘制各检测断面超声脉冲射线网络图,如图 3 所示。通过换能器发射和接收超声脉冲射线,得到检测数据。发射换能器向被测构件发射超声波,接收换能器接收超声脉冲信号,因混凝土内部缺陷而造成的超声波声学参数的变化,被超声脉冲信号记录下来并被接收换能器接收。当超声脉冲通过混凝土并遇到缺陷时,该检测射线的声强减弱,接收信号的波幅下降的同时,声速值降低,甚至出现波形畸变。当发射换能器固定,接收换能器环状布置测得的超声脉冲射线会覆盖缺陷区域,穿过缺陷区的射线和穿过正常区域的射线所承载的信息是不同的。可以认为穿过缺陷的超声脉冲射线被缺陷遮挡,形成一个阴影区域,如图 4 所示。

[0041] 106, 根据检测数据计算每条超声脉冲射线的实测表观超声声速值, 并将每条超声脉冲射线的实测表观超声声速值赋予所述超声脉冲射线分别赋予各检测断面的网格射线, 得到赋值后的混凝土构件断面的超声脉冲射线网络图, 如图 5 所示, 并以此进行初步分析。

[0042] 每条超声脉冲射线的实测表观超声声速值的计算方法如下:

[0043] 设  $t_i$  为检测所得第  $i$  条射线通过混凝土断面的声时,  $L_i$  为第  $i$  条射线通过混凝土断面的距离, 第  $i$  条射线的实测表观声速为  $v_i$ :

$$[0044] \quad v_i = \frac{L_i}{t_i} (i=1, 2, \dots, n)$$

[0045] 式中  $n$  为环测法断面射线条数。

[0046] 赋值后的混凝土构件断面射线网络图中的每一条超声脉冲射线, 都载有该射线通过被测构件的混凝土内部质量信息, 可通过声时、声速、声强、波形等声学参数的变化间接的表现被测构件混凝土内部质量状况。图 5 中的每一条超声脉冲射线都代表了其通过混凝土结构断面的检测信息, 但检测的超声信息数据有多个, 就需要采用一定的方法将其逐个表现在该断面射线网络图上。在断面射线网络图上表现检测信息, 可以通过给射线赋予不同的颜色来实现。

[0047] 所述超声射线承载信息分析步骤包括声速、声时、振幅、波形、衰减或频率的信息分析。

[0048] 107, 根据赋值后的断面超声脉冲射线网络图、检测超声脉冲射线, 统计每个断面网格单元中通过的超声脉冲射线的数量及每个断面网格单元中通过的超声脉冲射线的实测表观超声声速值。

[0049] 108, 依据每个断面网格单元中通过的超声脉冲射线的实测表观超声声速值、每个断面网格单元中通过的超声脉冲射线的数量, 计算每个网格单元中通过的所有超声脉冲射线的网格平均声速值。

[0050] 设断面网格数为  $n$ ; 断面射线网络图中的第  $i$  条射线穿过  $m$  个断面网格单元; 射线穿过第  $j$  个断面网格单元的距离为  $L_{ij}$ ; 假定每个网格单元的混凝土质量分布均一, 令第  $j$  个断面网格单元的超声声速值为  $v_{ij}$ ; 第  $i$  条超声脉冲射线的射线走时可测, 设为  $T_i$ 。则第  $i$  条超声脉冲射线的射线走时  $T_i$  可用下式表达:

$$[0051] \quad T_i = \sum_{j=1}^m \frac{L_{ij}}{v_{ij}}$$

[0052] 设第  $j$  个断面网格单元中有  $k$  条射线穿过, 每条超声脉冲射线在该断面网格单元中的实测表观声速是不同的, 因为第  $i$  条射线的表观声速平均了该超声脉冲射线经过的  $m$  个断面网格的全部信息。因此, 可以近似的认为第  $j$  个断面网格单元的超声声速值  $v_j$  与通过该网格的所有超声脉冲射线的实测表观声速直接相关, 可以近似的认为  $v_j$  可以由式求得:

$$[0053] \quad v_j = \frac{1}{k} \sum_{i \in k} \frac{L_{ij}}{T_i}$$

[0054] 109, 依据计算得到的每个检测断面中每个网格单元的网格平均声速值, 绘制各检

测断面网格射线平均声速等值线图。

[0055] 110,通过对被测混凝土各个检测断面的断面网格射线平均声速等值线图进行单独分析和综合对比分析,判断被测混凝土构件的质量情况。

[0056] 如图 6 所示的是无缺陷的混凝土试件的断面网格射线平均声速等值线图,在该图上可以看到整个界面的声速分布是基本均匀的,该断面右上角存在局部高声速区域,经将该试件截开发现,在该截面角部存在几个较大块的粗骨料,该截面的声速分布与实际情况相符。

[0057] 如图 7 至图 9 所示的是对预先埋设缺陷的混凝土试件 QX-1、QX-2、QX-3 进行检测得到的断面网格射线平均声速等值线图。由图 7 分析可知,QX-1 主要缺陷存在于试件图示截面中间偏下部分,该截面上左下角存在不密实区;由图 8 分析可知,QX-2 主要缺陷存在于该界面的中间偏下部分;由图 9 分析可知,QX-3 缺陷分布在该截面中间部分,且周围的声速分布基本均匀。

[0058] 由等值线图可以分析该截面上各部分的网格平均声速的分布情况,依据该图可以定性的分析该截面混凝土结构的质量分布规律,根据该图不同区域的网格平均声速值可以定量的分析混凝土的具体质量。经实验检验,断面网格射线平均声速等值线分析法,是一个有效的分析混凝土结构断面缺陷及混凝土质量分布状况的检测分析方法。

[0059] 本发明的混凝土内部缺陷检测的断面网格射线平均声速法,检测操作方便快捷,数据分析计算方法简捷。以检测断面网格射线平均声速等值线图的形式输出,输出数据及其图像的物理意义明确。断面网格平均声速值反映了该混凝土单元的强度、密度、弹性模量等性质,表现了被测构件断面的混凝土质量状况。该方法最终以图像的形式清晰明了的展现了被测混凝土检测断面内部的质量分布状况,是一种简捷的超声成像实用方法,便于技术人员对混凝土内部质量进行定性和定量的分析。

[0060] 本文虽然已经给出了本发明的一些实施例,但是本领域的技术人员应当理解,在不脱离本发明精神的情况下,可以对本文的实施例进行改变。上述实施例只是示例性的,不应以本文的实施例作为本发明权利范围的限定。



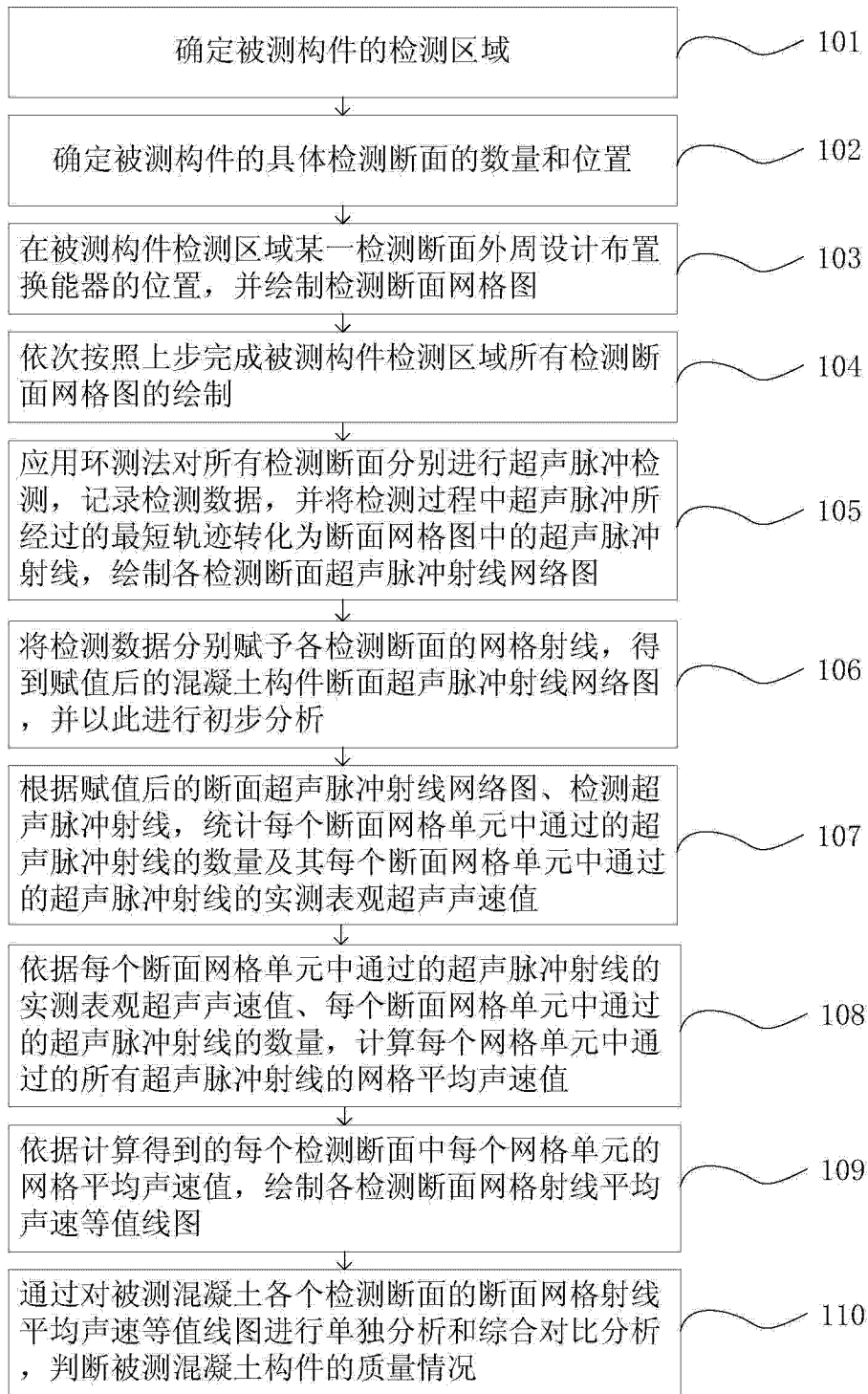


图 1

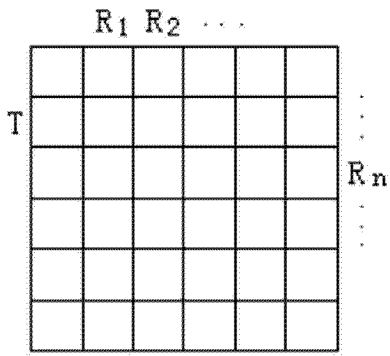


图 2

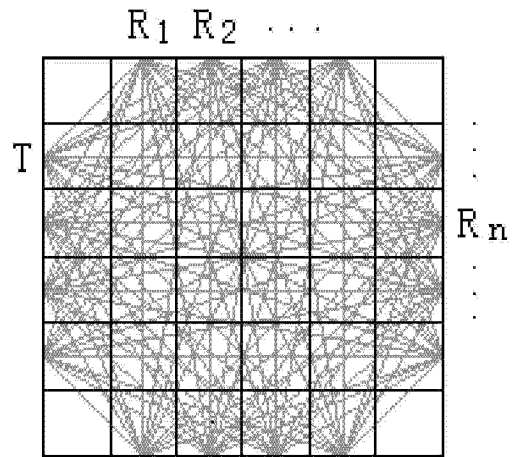


图 3

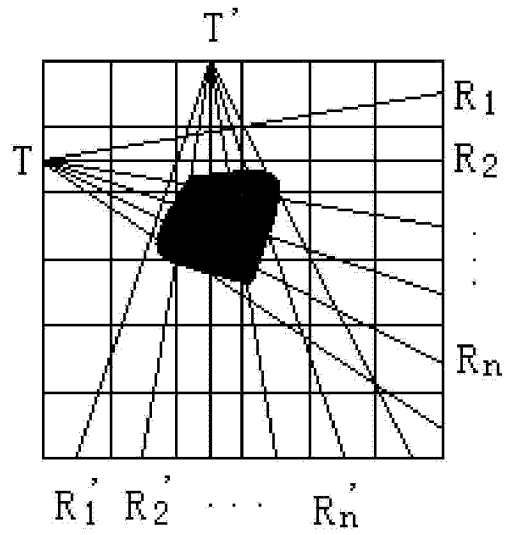


图 4

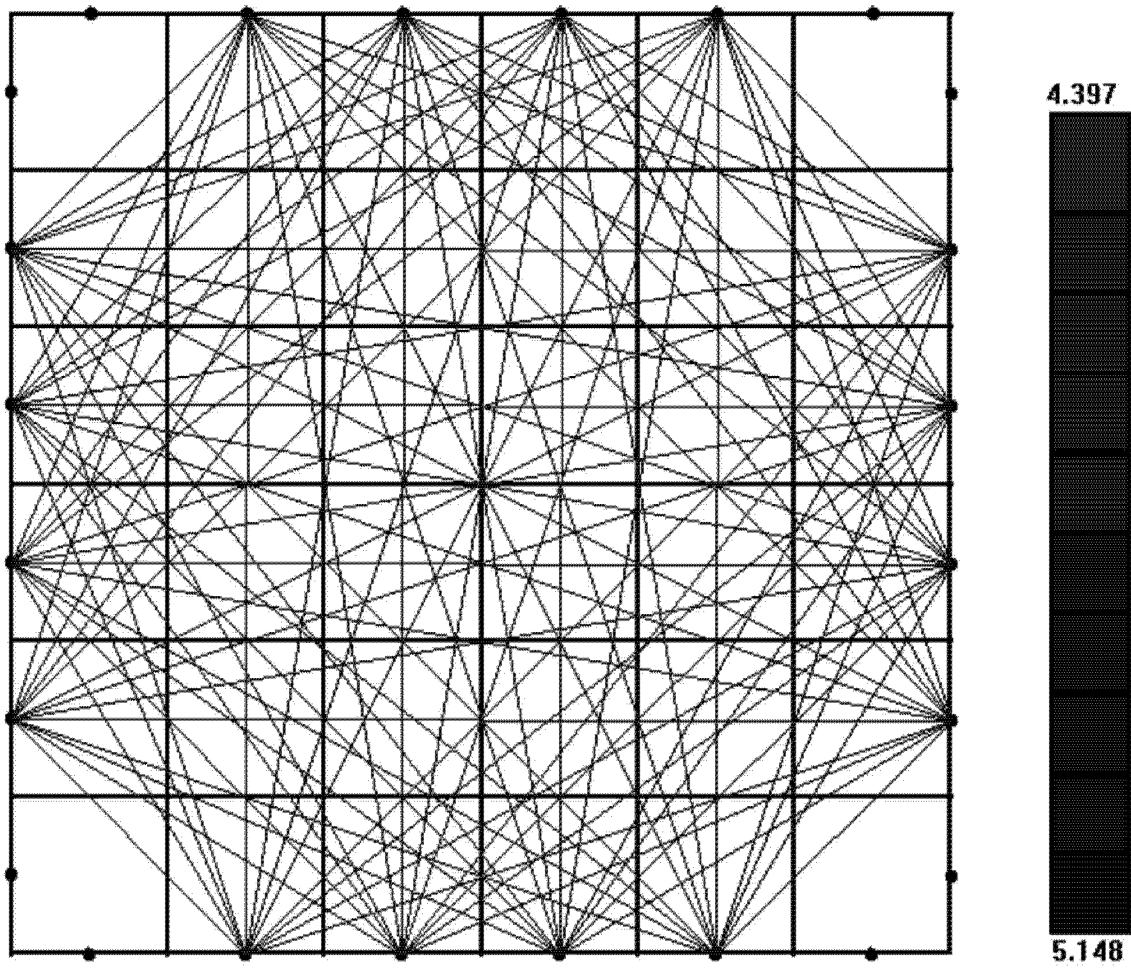


图 5

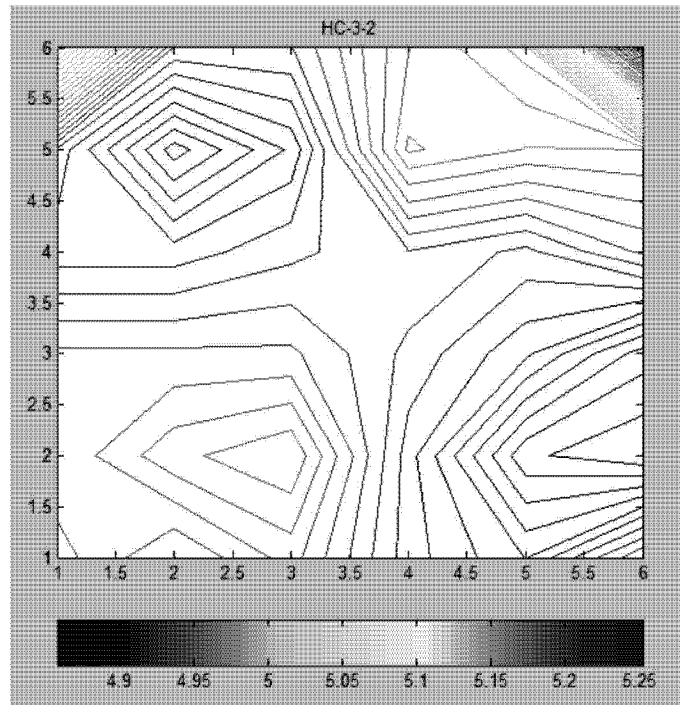


图 6

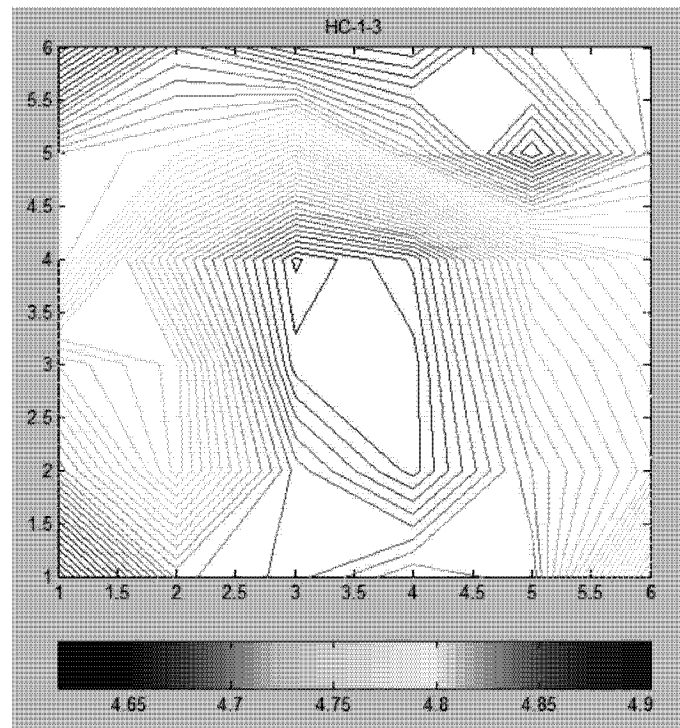


图 7

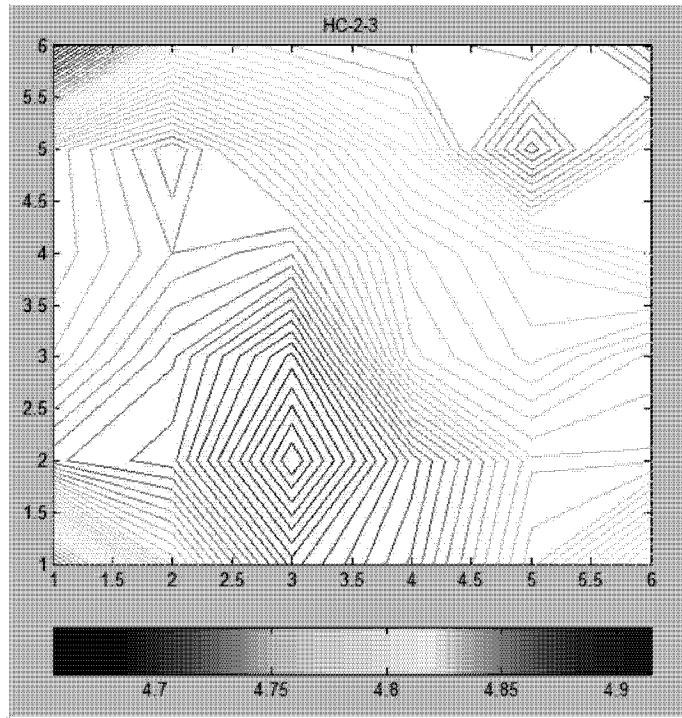


图 8

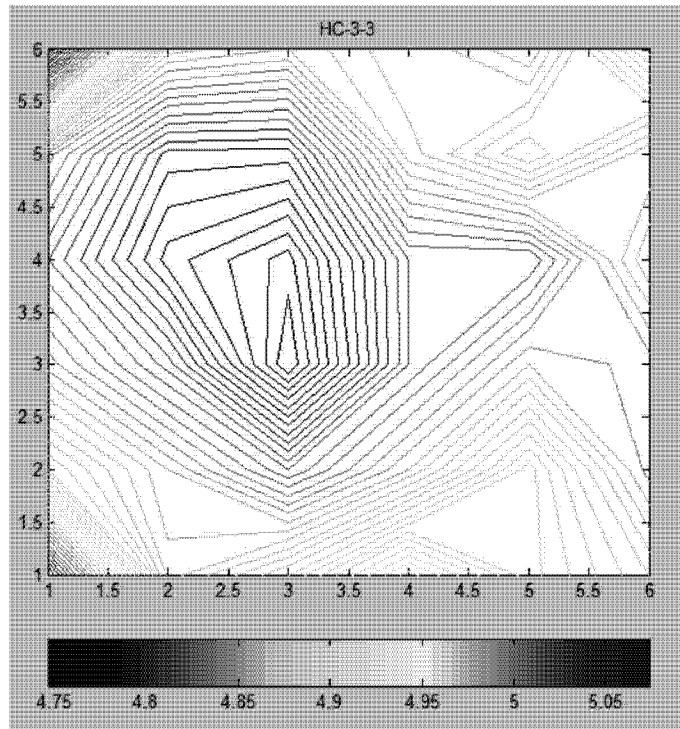


图 9